



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 199 56 577.5

**Anmeldetag:** 25. November 1999

**Anmelder/Inhaber:** SMS Demag AG,  
Düsseldorf/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zum Stranggießen von Brammen,  
insbesondere von Dünnbrammen, sowie eine  
Vorrichtung zu dessen Durchführung

**IPC:** B 22 D 11/16

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 09. November 2000  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Seiten

12 4 NOV 1999

..fu

38 169

**SMS Demag AG, Eduard-Schloemann-Str. 4, 40237 Düsseldorf**

**Verfahren zum Stranggießen von Brammen, insbesondere von  
Dünnbrammen, sowie eine Vorrichtung zu dessen Durchführung**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Stranggießen von Blöcken, Knüppeln, Brammen, insbesondere von Dünnbrammen, im Abmessungsbereich von etwa 20 bis 150 mm Dicke und etwa 600 mm bis 3500 mm Breite, mittels einer oszillierbaren, wasserkühlbaren Kokille im Zusammenwirken mit einem Tauchausguss unter Einsatz von Gießpulver zur Bildung von Gießschlacke. Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Verfahren und Vorrichtungen zum Stranggießen, insbesondere von Dünnbrammen, sind bekannt und wurden im Laufe der zurückliegenden Entwicklungsperioden stetig verbessert.

Es ist bspw. bekannt, daß infolge sehr unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeiten der am Stranggießen beteiligten unterschiedlichen Medien und der daraus resultierenden Widerstände gegen Wärmeleitung und Wärmeübergänge die Bildung einer im Entstehen begriffenen Strangschale eines Gussstranges und speziell deren Oberflächenbeschaffenheit in relativ weiten Grenzen veränderlich ist. Insbesondere spielt beim Wärmekontakt zwischen Schmelzbad und Kokillenwand die Dicke der flüssigen Schlacke aus geschmolzenem Gießpulver wegen deren spezifisch

extrem geringen Leitfähigkeit mit ca. 1 W/K x m eine wesentliche Rolle, weil sie dem Wärmeübergang zwischen Schmelze und Kokillenplatten einen erheblichen Widerstand entgegensetzt. Im Gegensatz zur flüssigen Schlacke besitzt Kupfer eine extrem hohe Wärmeleitfähigkeit mit ca. 360 W/K x m.

Durch die unterschiedlichen Einzelwiderstände der Wärmeleitfähigkeit zwischen Kupfer, Schlacke und Stahl ergeben sich innerhalb der Kokillenplatten unterschiedliche Wärmestromdichten, die einen erheblichen Einfluss auf das Erstarrungsverhalten eines zu gießenden Stranges ausüben.

Der in diesem Zusammenhang veröffentlichte Stand der Technik ist bspw. in den Dokumenten DE 41 17 073 C2, DE 195 29 931 A1 sowie DE 198 10 672 A1 beschrieben.

In DE 41 17 073 C2 werden die Temperaturaufnahmen von vier wassergekühlten Kokillenplatten als integrale Werte jeder einzelnen Platte gemessen und ausgewertet. Es werden keine partiellen Meßwerte über die Kokillenbreite erfasst und prinzipiell auch keine Wassermenge zur Kühlung verändert.

In DE 195 29 931 A1 wird eine Brammenkokille beschrieben, die aus mindestens drei voneinander unabhängigen Kühlkammersegmenten besteht, die im Bereich des Kokillenausgangs gesonderte Anschlüsse zur unabhängigen Zufuhr von Kokillenkühlwasser aufweisen. Mit dieser Anordnung sollen Unsymmetrien der spezifischen Wärmeströme zwischen dem Bereich Tauchausguss und den restlichen Kokillenbereichen erkannt werden und durch Konizitätsverstellung der Schmalseiten der Kokille und Kühlwasserregelung ausgeglichen werden.

Die DE 198 10 672 A1 beschreibt ein Verfahren zum Messen und Regeln von Temperatur und Menge des pro Zeiteinheit wasserkühlbare, insbesondere voneinander unabhängige Kokillenwände aus Kupferplatten durchströmenden Kühlwas-

sers einer Stranggießkokille. Die Erfindung besteht darin, daß die Kühlwassertemperatur einer Kokillenwand an wenigstens zwei Stellen im Bereich der Ablauföffnungen einer Kupferplatte und dem zugeordneten Wasserkasten gemessen wird und aus den über die Breite der Kupferplatte gemessenen Werten ein Temperaturprofil erstellt wird und in Zeitintervallen gewonnenen Temperaturprofile miteinander verglichen werden. Dabei wird die Zulauftemperatur des Kühlwassers gemessen, die Differenz aus Zulauf- und Ablauftemperatur ermittelt und aus der Kühlwassermenge pro Zeiteinheit die partielle integrale Wärmeabfuhr aus einer Kokillenwand bzw. aus einem Kokillenbandbereich ermittelt und partielle Ungleichheiten durch partielle Mengenkorrekturen des Kühlwassers ausglich. Die flüssigkeitsgekühlte Kokille zur Durchführung des Verfahrens ist so gestaltet, daß im Wasserablaufbereich zwischen einer Kupferplatte und der Kühlwasserablauföffnung des Wasserkastens insbesondere pro Breitseitenplatte mindestens an zwei Stellen Temperaturfühler angeordnet sind und deren Signalleitungen an einen Rechner, bevorzugt mit einem Online-Bildschirm angeschlossen sind.

Ausgehend vom vorgenannten Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Stranggießen von Blöcken, Knüppeln, Brammen, insbesondere von Dünnbrammen, anzugeben, welche geeignet sind, lokale Temperaturen und/oder Wärmestromdichten entlang der Höhe von Kokillenwänden und an mehreren Stellen ihrer Breitseitenerstreckung zu erfassen und daraus die Temperatur-Belastung der im Kontakt mit der Schmelze befindlichen Kokillenwand bevorzugt im Meniskusbereich zu berechnen. Mittels der Meßwerte sollen Betriebsparameter wie Kühlwassermenge, Gießgeschwindigkeit und Gießpulver so gesteuert werden, daß bei einer bevorzugten Arbeitstemperatur der Kokillenwände im Meniskusbereich eine optimale Oberflächen-Ausbildung der Brammen bei möglichst langer Verfügbarkeit der Kokille ermöglicht wird.

Zur Lösung der Aufgabe wird bei einem Verfahren der im Oberbegriff von Anspruch 1 bezeichneten Art mit der Erfindung vorgeschlagen, daß die lokalen Temperaturen und Wärmestromdichten im für die Oberflächenqualität einer Bramme kritischen Meniskusbereich erfasst und daß die Arbeitstemperaturen der Kokillenplatten im Meniskusbereich durch Anpassung der hierfür maßgebenden Betriebsparameter: wie Menge bzw. Durchlaufgeschwindigkeit des Kühlwasser durch die Kokille, Gießgeschwindigkeit, zu verwendendes Gießpulver, in einem vorgegebenen Temperaturbereich ( $\Delta T$ ) gehalten werden.

Dadurch werden Temperaturverläufe über die Höhe der Kokillenplatten erfasst und durch deren Verlauf werden die Maximaltemperaturen und damit die Lage des Meniskusbereiches der Schmelze in der Kokille erfasst. Mit Kenntnis der optimalen Wärmestromdichte ist es möglich, die Oberflächenqualität von im Strangguß erzeugten Produkten, insbesondere von Dünnbrammen zu verbessern.

Eine Ausgestaltung des Verfahrens sieht vor, daß Arbeitstemperaturen der Kokillenplatten durch in jeweils einem Höhenbereich ( $Y_i$ ,  $i = 1$  bis  $n$ ) über- und unter dem Badspiegel ( $M$ ) in definierten Abständen angeordnete Thermoelemente erfasst werden.

Eine weitere Ausgestaltung des Verfahrens nach der Erfindung sieht vor, daß Thermoelemente jeweils in unterschiedlichen Tiefen ( $X_1$ ,  $X_2$ ) der Kokillenwand angeordnet werden, und dass aus der Temperaturdifferenz wenigstens zweier in annähernd gleichem Höhenbereich ( $Y_i$ , bspw.  $y_1$ ,  $y_2$ ) gelegener Thermoelemente die zugehörige lokale Wärmestromdichte errechnet wird.

Die hierbei gewonnenen Erkenntnisse über den Verlauf der Wärmestromdichte machen es möglich, Abweichungen von einem vorgegebenen Verlauf mit den hierfür vorgesehenen Betriebsparametern online zu korrigieren.

Weiterhin sieht eine Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens vor, daß durch Ermittlung des Temperatur- bzw. Wärmestromverlaufs über die Höhe einer Kokillenwand mittels Näherungsfunktionen der maximale Temperaturverlauf an der im Kontakt mit der Schmelze befindlichen Wandfläche berechnet wird. Dabei sieht eine weitere Ausgestaltung des Verfahrens vor, daß bei Erfassung einer Wärmestromdichte-Änderung in der Kokillenhöhe (y) infolge zweidimensionaler Wärmeausbreitung im Badspiegelbereich (M) durch Annahme eines Wärmestromdichteverlaufs an einer Kokillenoberfläche und mit Kenntnis der Wärmestromdichte in der Tiefe (x) einer Kokillenwand die Lage des Badspiegels (M) online ermittelt wird.

Und schließlich sieht eine weitere Ausgestaltung des Verfahrens nach der Erfindung vor, daß bei Kenntnis der optimalen Wärmestromdichte oder der maximalen Oberflächentemperatur der Kokille die für eine optimale Brammenoberflächenausbildung bestgeeignete Kokillen-Wärmebelastung durch Einstellen von Kühlwassermenge und/oder von Gießgeschwindigkeit und/oder des Gießpulvers angesteuert wird.

Eine zur Durchführung des Verfahrens vorgesehene Vorrichtung zur Erfassung von lokalen Temperaturen und/oder Wärmestromdichten an einer wassergekühlten Kokille beim Stranggießen von Blöcken, Knüppeln, Brammen, insbesondere von Dünnbrammen, besteht erfindungsgemäß darin, daß in den Breitseitenwänden der Kokille in einem Bereich über und unter dem Badspiegel sowie in jeweils etwa gleichen Abständen von deren Kontaktfläche mit dem schmelzflüssigen Metall in paarweiser Anordnung Thermoelemente eingelassen sind, die über Signalleitungen mit einer Recheneinheit verbunden sind, welche nach Maßgabe der ermittelten Temperatur bzw. Wärmestromdichte die Oberflächentemperatur der Kokille im Meniskusbereich errechnet und welche zur Steuerung einer bevorzugten Arbeitstemperatur der Kokillenwand innerhalb eines vorgegebenen Temperaturbe-

reichs ( $\Delta T$ ) die Betriebsparameter Kühlwassermenge, Gießgeschwindigkeit sowie Gießpulver anpaßt..

Die beigefügte Figur 1 zeigt ein Temperaturprofil bzw. einen Wärmestromverlauf über die Höhe ( $y$ ) einer Kokillenwand sowie in wenigstens zwei Abstandsbereichen ( $x_1, x_2$ ) der Kokillenwand vom Schmelzbad (M). Der Verlauf der stark ausgezogenen Kurve ( $y_1, y_3, y_5, y_7, y_9, y_{11}$ ) zeigt ein ausgesprochenes Temperaturmaximum ( $T_{\max}$ ) im Bereich eines vorgegebenen Temperaturbereichs ( $\Delta T$ ). Die weiter im inneren der Kokillenwand gelegenen Messpunkte ( $y_2, y_4, y_6, y_8, y_{10}, y_{12}$ ) zeigen einen ähnlichen Kurvenverlauf mit Temperaturmaximum ( $T_{\max}$ ) im Meniskusbereich (M). Aus den gemessenen Temperaturprofilen wird das Temperaturprofil der Kokillenoberfläche berechnet.

Die Temperaturkurven können über eine elektronische Messeinrichtung in einem Display online aufgezeichnet und sichtbar gemacht werden. Sie können dazu verwendet werden, die Temperatur im vorgegebenen Temperaturfenster ( $\Delta T$ ) durch selbsttätige Regelung der maßgebenden Betriebsparameter konstant zu halten, um eine optimale Oberflächenausbildung bspw. bei einer Dünnbramme zu erzielen.

24. NOV. 1999

..fu

38 169

SMS Demag AG, Eduard-Schloemann-Str. 4, 40237 Düsseldorf

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Stranggießen von Blöcken, Knüppeln, Brammen, insbesondere von Dünnbrammen, im Abmessungsbereich von etwa 20 bis 150 mm Dicke und etwa 600 bis 3500 mm Breite, mittels einer oszillierbaren, wasserkühlbaren Kokille im Zusammenwirken mit einem Tauchausguss unter Einsatz von Gießpulver zur Bildung von Gießschlacke

**dadurch gekennzeichnet,**

- daß die lokalen Temperaturen und Wärmestromdichten im für die Oberflächenqualität einer Bramme kritischen Meniskusbereich erfasst und
- daß die Arbeitstemperaturen der Kokillenplatten im Meniskusbereich durch Anpassung der hierfür maßgebenden Betriebsparameter: wie Menge bzw. Durchlaufgeschwindigkeit des Kühlwassers durch die Kokille, Gießgeschwindigkeit und zu verwendendes Gießpulver, in einem vorgegebenen Temperaturbereich ( $\Delta T$ ) gehalten werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß Arbeitstemperaturen der Kokillenplatten durch in jeweils einem Höhenbereich ( $Y_i$ ) ( $i = 1$  bis  $n$ ) über- und unter dem Badspiegel ( $M$ ) in definierten Abständen angeordnete Thermoelemente erfasst werden.



3. Verfahren nach dem der Ansprüche 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass Thermoelemente jeweils in unterschiedlichen Tiefen ( $X_1$ ,  $X_2$ ) der Kokillenwand angeordnet werden, und dass aus der Temperaturdifferenz wenigstens zweier in annähernd gleichem Höhenbereich ( $Y_i$ ) gelegener Thermoelemente die zugehörige lokale Wärmestromdichte errechnet wird.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass durch Ermittlung des Temperatur- bzw. Wärmestromverlaufs über die Höhe einer Kokillenwand mittels Näherungsfunktionen der maximale Temperaturverlauf an der im Kontakt mit der Schmelze befindlichen Wandfläche berechnet wird.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass bei Erfassung einer Wärmestromdichte-Änderung in der Kokillenhöhe ( $y$ ) infolge zweidimensionaler Wärmeausbreitung im Badspiegelbereich ( $M$ ) durch Annahme eines Wärmestromdichteverlaufs an einer Kokillenoberfläche und mit Kenntnis der Wärmestromdichte in der Tiefe ( $x$ ) einer Kokillenwand die Lage des Badspiegels ( $M$ ) ermittelt wird.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass bei Kenntnis der optimalen Wärmestromdichte oder der maximalen Oberflächentemperatur die für eine optimale Brammenoberflächenausbildung bestgeeignete Kokillenbelastung durch Einstellen von Kühlwassermenge und/oder von Gießgeschwindigkeit und/oder des Gießpulvers angesteuert wird.

7. Vorrichtung zur Erfassung von lokalen Temperaturen und/oder Wärmestromdichten an einer wassergekühlten Kokille beim Stranggießen von Blöcken, Knüppeln, Brammen, insbesondere von Dünnbrammen, zwecks Durchführung des Verfahrens nach der Erfindung,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass in den Breitseitenwänden der Kokille in einem Bereich über und unter dem Badspiegel (M) sowie in jeweils etwa gleichen Abständen von deren Kontaktfläche mit dem schmelzflüssigen Metall in paarweiser Anordnung Thermoelemente ( $y_m$ ,  $y_n$ ) eingelassen sind, die über Signalleitungen mit einer Recheneinheit verbunden sind, welche nach Maßgabe der ermittelten Temperatur bzw. Wärmestromdichte die Oberflächentemperatur der Kokille im Meniskusbereich (M) errechnet und welche zur Steuerung einer bevorzugten Arbeitstemperatur der Kokillenwand innerhalb eines vorgegebenen Temperaturbereichs ( $\Delta T$ ) die Betriebsparameter Kühlwassermenge, Gießgeschwindigkeit sowie Gießpulver anpaßt.

24 NOV. 1999

## Zusammenfassung

38 169

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Stranggießen von Blöcken, Knüppeln, Brammen, insbesondere von Dünnbrammen, im Abmessungsbereich von etwa 20 bis 150 mm Dicke und etwa 600 bis 3500 mm Breite, mittels einer oszillierbaren, wasserkühlbaren Kokille im Zusammenwirken mit einem Tauchausguss unter Einsatz von Gießpulver zur Bildung von Gießschlacke. Zwecks Optimierung der Oberfläche bspw. der Dünnbramme werden die lokalen Temperaturen und Wärmestromdichten im für die Oberflächenqualität einer Bramme kritischen Meniskusbereich erfasst. Die Arbeitstemperaturen der Kokillenplatten im Meniskusbereich werden durch Anpassung der hierfür maßgebenden Betriebsparameter: wie Menge bzw. Durchlaufgeschwindigkeit des Kühlwassers durch die Kokille, Gießgeschwindigkeit, zu verwendendes Gießpulver, in einem vorgegebenen Temperaturbereich ( $\Delta T$ ) gehalten.

